CONCLUSIONES.

1. Un parámetro de vital importancia en la Identificación de un sistema, es el tiempo de muestreo. Se revisaron muchos textos de ingeniería pero no se encontró, una referencia del tiempo de muestro apropiado para éste tipo de sistema, por tal motivo el tiempo de muestreo de esta Planta, se lo obtuvo en forma experimental, determinándose que el tiempo de muestreo requerido para ésta Planta es de 60 milisegundos.

2. Durante la Identificación No Paramétrica y la Identificación Paramétrica, se comprobó que la mejor señal para excitar un sistema con característica No lineal similar a éste, es una señal escalonada aleatoria, con la cual se logró obtener las funciones de transferencia que representan de mejor manera la dinámica de la Planta.

3. Fueron de extraordinaria ayuda los datos obtenido a través de la pantalla de la Identificación No Paramétrica, en los cuales de una manera gráfica se observa, la respuesta del sistema ante una entrada tipo escalón y una entrada tipo impulso, obteniéndose una primera estimación del número de polos y ceros que debería tener la función de transferencia, de éste sistema.

4. Los primeros datos obtenidos en la Identificación No Paramétrica, contribuyó a reducir el modelo que se obtuvo a través de la Identificación Paramétrica,

variando el número de polos, ceros y retrasos de tiempo, hasta obtener los mejores valores de la correlación cruzada, y la predicción del error

5. Las funciones de transferencia obtenidas son de tercer orden, con un polo real y dos polos complejos conjugados, adicionalmente el sistema posee un retardo de tiempo. Con estos datos se puede proceder al diseño de cualquier estrategia de control.

6. Una vez que se obtuvieron los polos, ceros y retardos de tiempo de la función de transferencia, se procedió a sintonizar el control PID hasta obtener las ganancias Kp, Ki y Kd que generaron un sobredisparo porcentual y un tiempo de asentamiento aceptable para ésta Planta. Sin embargo debe recordarse, que éstos valores, son los primeros ajustes y que servirán de base, para lograr una óptima sintonización de la planta.

7. Se ingresarán los valores de Kp, Ti y Td, en la tabla de Ganancia Programada para los diversos punto de operación de la Planta, cuando se activa esta técnica de control avanzado del sistema en lazo cerrado, y con la ayuda de una interfaz gráfica, se puede observar las mejoras en la respuesta de la Planta ante las variaciones de la referencia

8. Al encender la planta y activar el lazo de control, se prueba el sistema con el Control Adaptativo de Ganancia Programada, pudiéndose observando a través de la interface gráfica, el comportamiento del sistema y de la acción de control, para que la frecuencia de salida de la Planta siga a la referencia deseada.

9. El software Labview demostró ser una herramienta poderosa para el desarrollo de las pantallas de control, por ser una interfaz gráfica de fácil implementación, y además facilitó la tarea para la implementación del Control Adaptativo de Ganancia Programada propuesto.

10. Como un valor agregado de esta tesis, las pantallas gráficas para la Identificación Paramétrica, No Paramétrica y ajuste del Control, han sido desarrolladas de tal manera que puedan ser usadas con datos externos a esta planta y que permitirán la apropiada Identificación y ajuste de otras Plantas.

11. En el aprendizaje técnico además de los contenidos teóricos, es fundamental la realización de prácticas con equipos reales, dichas prácticas son muy difícil de efectuar en una planta industrial real por los costos y riesgos implícitos, razón por la cual, esta Planta de Generación de Energía contribuirá a la asimilación de los conceptos teóricos.

RECOMENDACIONES.

1. Uno de los aspectos más importante para el diseño y construcción de esta Planta, fue la seguridad de los usuarios, razón por lo cual se recomienda que proyectos similares sean de acoplamiento directo, con lo que se evita el uso de bandas, poleas ó piñones, para reducir al máximo el riesgo de accidentes.

2. Durante el proceso de construcción de la Planta, se cotizaron motores de 2 HP, 1800 RPM adicionalmente se cotizaron motores con velocidades de giro inferior y se encontró que los motores de más bajas RPM disponibles en el mercado son de 900 RPM, para revoluciones menores deben ser pedidos como una orden de producción especial, con una entrega mínima de 6 meses y con altos costos, razón por la que cual recomendamos tomar en consideración estos aspectos para reducir los costos y tiempo de construcción.

3. Se pueden usar los mismos componentes de esta planta, para implementar otros tipos de control tal como un control difuso ò red neuronal, de tal manera que los estudiantes puedan comparar el desempeño del sistema ante diversos tipos de control.

4. En ésta planta se ha dejado instalado un captador magnético de tal manera, que se pueda implementar la identificación del conjunto variador-motor,

incrementando la flexibilidad de la planta para la identificación de un nuevo sistema.

5. En el computador que controla la planta se puede programar y configurar para que el sistema, pueda ser controlado y monitoreado en forma remota, con lo cual los estudiantes puedan acceder en forma remota para las prácticas de laboratorio.

6. El variador de voltaje está configurado para conectarse a una fuente trifásica, de 230 voltios, 60 Hz, si no se dispone de la fuente trifásica en los laboratorios de la ESPOL, el equipo puede ser conectado a una fuente monofásica de 220 voltios, 60 Hz, pero debe reprogramar el variador de frecuencia. Todo el sistema esta dimensionado para que tenga el mismo rendimiento sin importar si la fuente a la que está conectado, tiene cualquiera de las configuraciones anteriormente mencionado.

ANEXOS.

Anexo No. 01. - Datos técnicos del motor eléctrico.

A seamless range of
low-voltage motors up to 1,250 kW

Motors

Answers for industry.



High-efficiency motors reduced energy costs and environmental protection

Energy costs account for 95% of a motor's lifecycle costs – while procurement and installation merely add up to 5%. Already today, approx. 1.5 billion Euro worldwide could be saved in energy costs every year through the application of high-efficiency motors alone. We offer motors in different efficiency classes both for the IEC and the NEMA markets.

In the NEMA market, the Ultra NEMA Premium motors guarantee maximum efficiency, while the IEC market is served with IE2 motors featuring top-of-the-line efficiency as well as a compact design:

The new 1LE1 motor generation employs the same frame for IE2 and IE1.

In addition to an excellent cost/performance-ratio and high operational reliability, the ecobalance over the entire lifecycle is a further clear advantage of our motors. Furthermore, they fit into any drive concept and cover more than 90% of all imaginable application areas worldwide. These qualities offer benefits for everyone: mechanical engineers, system operators – and the environment.



With our SinaSave software tool, we offer help for the selection of an energy-saving motor both for the IEC as well as the NEMA market:

www.siemens.com/sinasave

Type spectrum
We are one of the few motor suppliers worldwide to offer a complete portfolio of energy-saving motors:

For the IEC market
- High-efficiency energy-saving motors in the highest EU efficiency class IE2 (High Efficiency)
- Efficiency-improved energy-saving motors in EU efficiency class IE1 (Improved Efficiency)
- Motors with increased output power in IE1 und IE2

For the NEMA market
- IEC energy-saving motors in accordance with the US Federal Law EPAct (Energy Policy Act of 1992) for 60 Hz operation with CC number
- NEMA motors with minimum legal efficiencies in accordance with the US Federal Legislation EPAct (Energy Policy Act of 1992 – US Federal Legislation)
- NEMA motors with NEMA Premium efficiency in accordance with NEMA MG1
- NEMA motors with Ultra NEMA Premium efficiency: exceed the NEMA Premium efficiency recommended by NEMA

Advantages
- Noticeable reduction of operating costs through efficiency optimization
- Especially compact motors from the 1LE1 series. IE1 and IE2 motors in the same, short frame length
- High overload reserves in continuous operation (SF 1.15)
- Inverter-proof up to 460 V as a standard, own version available up to 690 V
- Environmental protection through CO_2 reduction
- Positive ecobalance of high-efficiency motors
- Part of Totally Integrated Automation via inverters and PROFIBUS and PROFINET
- Can be easily modified using modular mounting kits

Overview of low-voltage motors

Application	General Purpose	Severe Duty	General Purpose	Severe Duty
	Energy-saving motors according to IEC		Energy-saving motors according to NEMA	
Housing material	**Aluminum**	**Cast iron**	**Aluminum/ cast iron**	**Cast iron**
Application area	Standard	Standard, harsh ambient conditions	General purpose	Severe duty
Rated power	0.12 kW - 45 kW	0.75 kW – 1250 kW	1-20 / 1-200 HP	1-400 HP
Frame size	63M - 225	71 - 450	140-250/140-440	140-440
Rated speed	750 - 3000 rpm^{-1}	750 - 3600 rpm^{-1}	900 - 3600 rpm^{-1}	900 - 3600 rpm^{-1}
Rated torque	0.61 - 293 Nm	7 - 10300 Nm	1.5-60 lb-ft	1.5-1772 lb-ft
Rated voltage	All commonly used voltages	All commonly used voltages	208-230/460& 575 V with 60 Hz	208-230/460& 575 V with 60 Hz
Efficiency class	IE1, IE2	IE1, IE2	High Efficiency, NEMA Premium Efficiency	High Efficiency, NEMA Premium Efficiency
Degree of protection	IP55, IP56 (non-heavy-sea), IP65	IP55, IP56 (non-heavy-sea), IP65	TEFC	TEFC
Cooling method	Surface-cooled	Surface-cooled	Fan-cooled	Fan-cooled
Construction types	All common construction types	All common construction types	Common NEMA construction types	Common NEMA construction types
Temperature class	155(F) utilized acc. to 130(B)/155(F)	155(F) utilized acc. to 130(B)/155(F)	Class B @1.0 SF, Class F @1.15SF	Class B @1.0 SF, Class F @1.15SF
For inverter operation up to 460 V	Standard	Standard	No	Yes
For inverter operation up to 690 V	Special insulation	Special insulation	No	No
Approvals	CE, CCC, UL, CSA CNS14400, KEMKO, ABNT/INMETRO, PSE-Mark Japan	CE, CCC, UL, CSA CNS14400, KEMKO, ABNT/INMETRO, PSE-Mark Japan	CE, CSA, UL, ee, NOM	CE, CSA, UL, ee, NOM
Approvals for marine drives	Below deck operation: BV, DNV, GL, LR, RS	Below deck operation; BV, DNV, GL, LR, RS On-deck operation: Loher motors	No	No
Encoder	Yes	Yes	Yes	Yes
Brake	Yes	Yes	No	Yes
External fan	Yes	Yes	Yes	Yes
Typical applications	Pumps, fans, compressors, conveyor technology, ship applications with special requirements in terms of low weight and maximum efficiency	Pumps, fans, compressors, conveyor technology, ship applications, mixers, extruders in the chemical and petrochemical industry	Pumps, compressors, fans, conveyor technology, industrial applications	- Chemical and petrochemical industry - Mining industry - Printing and paper industry

Anexo No. 02.- Datos técnicos del variador de frecuencia.

AF-6 LP™ Micro Drive

AC Adjustable Frequency Drive
Guide-Form Technical
Specification



Contents

AF-60 LP Guide-Form Specification

1.0 General Information

1.1 Purpose

This specification shall establish minimum requirements for adjustable frequency drive equipment. Drives that do not meet these requirements shall not be acceptable. The adjustable frequency drive equipment shall be the AF-60 LP Micro as furnished by GE.

1.2 Driven Equipment

The Drive shall be capable of operating a NEMA design B squirrel cage induction motor with a full load current equal to or less than the continuous output current rating of the Drive. At base speed (60Hz) and below, the Drive shall operate in a constant V/Hz mode or a constant voltage extended frequency mode.

1.3 Drive Construction

The AF-60 LP Adjustable Frequency Drive shall be a sinusoidal PWM type Drive with sensor-less dynamic torque vector control (DTVC) capability. The Drive shall be provided in an IP20 enclosure at all ratings. IP21 & NEMA 1 enclosure rating Option Kits shall be available to meet Drive enclosure integrity requirements. The Drive shall be of modular construction for ease of access to control and power wiring as well as Maintenance requirements. The Drive shall consist of the following general components:

1.3.1 Full-Wave Diode Rectifier Bridge to convert AC supply to a fixed DC voltage
1.3.2 DC link capacitors
1.3.3 Insulated Gate Bipolar Transistor (IGBT) inverter output section
1.3.4 The Drive shall be microprocessor based with an LCD display to program and monitor Drive parameters.
1.3.5 The keypad shall be divided into four (4) functional groups: Numeric Displays, Menu Key, Navigation Keys, and Operation Keys and LED's.
1.3.6 Separate control and power terminal boards shall be provided.
1.3.7 The Drive shall provide an RS-485 serial communications port standard.
1.3.8 The Drive control and power circuit boards shall be conformal coated for long-life and clean connections.

2.0 Operating Conditions

2.0.1 The Drive's operating ambient temperature range shall be -10°C to 50°C.
2.0.2 The Drive's storage temperature shall be -25° to 65°C.
2.0.3 The Drive's relative humidity range shall be 5-95%, non-condensing.
2.0.4 The Drive shall be suitable for operation at altitudes up to 3,280 feet without de-rating.
2.0.5 The Drive shall be capable of sustaining a 1.0g vibration test.
2.0.6 *The Drive shall be capable of side-by-side installation mounting with 0 inches clearance required. The top and bottom clearance shall be 3.4 inches minimum.*

3.0 Standards

3.0.1 The Drive shall be UL and cUL listed and not require any external fusing. The Drive shall also be CE labeled and comply with standards 61800-3 for EMC Compliance and EN 61800-2 for Low Voltage Compliance. The Drive shall also be RoHs Compliant as well as WEEE Compliant.
3.0.2 The Drive shall be designed in accordance with applicable NEMA Standards.
3.0.3 The Drive shall be compatible with the installation requirements of interpretive Codes such as National Electric Code (NEC) and the Occupational Safety & Health Act (OSHA).
3.0.4 The Drive with standard built-in A1/B1 Filter shall significantly reduce Radio Frequency Interference (RFI).

4.0 Input Power Section

4.0.1 The Drive shall be designed to operate at either 200-240Vac Single-Phase or Three-Phase input voltage, or 380-480Vac Three-Phase input voltage.
4.0.2 System frequency shall be 50 or 60 Hertz, +/- 5%
4.0.3 The Drive shall be able to withstand input voltage variation of +/- 10%
4.0.4 The Drive shall operate with an input voltage imbalance of 3.0% maximum between phases.
4.0.5 The displacement power factor of the Drive shall be greater than 0.98 lagging.

4.0.6 The true (real) power factor of the Drive shall be equal to or greater than 0.4 nominal at rated load.
4.0.7 The Drive shall be capable of switching the input voltage on and off a maximum of two (2) times per minute.
4.0.8 Drive efficiency at rated load shall be 98% or higher, depending on carrier frequency selection and load.
4.0.9 Line notching, transients, and harmonics on the incoming voltage supply shall not adversely affect Drive performance.
4.0.10 The Drive is suitable for use on circuits capable of delivering no more than 100,000 RMS symmetrical amps.

5.0 Output Power Section

5.0.1 The Drive shall be capable of Horsepower ratings from fractional through 10HP and Output Frequencies from 0 to 400Hz. The Drive shall also have an energy saver feature with the capability of selecting a V/Hz Automatic Control Function that will modify the V/Hz curve based on load conditions that will minimize power used.
5.0.2 Drive output voltage shall vary with frequency to maintain a constant V/Hz ratio up to base speed (60Hz) output. Constant or linear voltage output shall be supplied at frequencies greater than base speed (60Hz).
5.0.3 The output voltage of the Drive will be capable of 0-100% of the input voltage applied at the input voltage terminals.
5.0.4 Ramp times shall be programmable from 0.05-3,600 seconds.
5.0.5 The output voltage may be switched on and off an unlimited amount of times.
5.0.6 The Drive shall be capable of a minimum of 100% rated current in continuous operation in accordance with the requirements of NEC Table 430-150.
5.0.7 The Drive shall be capable of 150% overload current rating for one (1) minute.

6.0 Drive Keypad

6.0.1 The Drive shall be supplied with a backlit Liquid Crystal Display (LCD) Multi-Function Keypad with Speed Potentiometer. The Keypad shall be capable of programming, monitoring, and controlling the Drive.
6.0.2 The Drive shall have a Quick Menu feature, that allows for quick access to the most commonly modified Drive Parameters for quick and easy setup.

6.0.3 The Drive LCD Keypad Display shall have the following units available for display functions: Hz, A, V, kW, HP, %, s, or RPM.

6.0.4 The Drive LCD Keypad Display shall have a Motor Direction Display that will show either clockwise or counter-clockwise motor direction.

6.0.5 The Drive shall be capable of being operated in “hand” mode via the keypad to allow for local control of the motor at the Drive.

6.0.6 The Drive Keypad shall have three (3) Indication LED’s as follows:

6.0.6.1 Green – The Drive is “on”

6.0.6.2 Yellow – The Drive has an alarm “warning”

6.0.6.3 Red – The Drive has an “alarm”

6.0.7 The Drive shall display operating data, fault information, and programming parameters.

6.0.8 The Drive LCD Keypad shall be remote mountable by using an option kit which will allow for mounting the LCD Keypad up to 10’ from the Drive.

6.0.9 The Drive LCD Keypad shall be capable of copying the parameter set from one AF-6 LP Micro Drive to another AF-6 LP Micro Drive.

7.0 Drive Features

7.0.1 The Drive shall be capable of remote mounting with simple wiring connections or via an RS-485 serial communications port.

7.0.2 Upon a fault condition, the Drive shall display drive parameters captured at the time the fault occurred to aid in trouble-shooting of the fault. The Drive will store the last ten (10) fault trips in a Fault Log Parameter.

7.0.3 The Drive shall operate as an open-loop system requiring no motor fdbk device.

7.0.4 The Drive shall accept and follow a selectable external frequency reference of 0-10Vdc, 0-20ma, or 4-20mA.

7.0.5 The Drive will also follow an internal frequency set-point off the up and down arrows on the LCD Keypad, optional LCD Keypad Speed Potentiometer, parameter preset speeds, or serial communications speed set-point via RS-485.

7.0.6 The Drive shall maintain the output frequency to within 0.2% of reference when the reference is analog, and to within 0.01% of reference when the reference is digital (keypad, contact closure, or serial communications)

7.0.7 The Drive shall maintain set-point frequency regardless of load fluctuations.

7.0.8 The Drive shall be able to operate in three (3) modes: Hand, Off, or Auto.

7.0.9 The Drive shall be password protected to protect against unintended change of sensitive parameters.

Anexo No. 03. - Datos técnicos de la tarjeta de adquisición de datos.

NI USB-6008

14-Bit, 48 kS/s Low-Cost Multifunction DAQ



- 8 analog inputs (14-bit, 48 kS/s)
- 2 analog outputs (12-bit, 150 S/s); 12 digital I/O; 32-bit counter
- Bus-powered for high mobility; built-in signal connectivity
- OEM version available
- Compatible with LabVIEW, LabWindows/CVI, and Measurement Studio for Visual Studio .NET
- NI-DAQmx driver software and NI LabVIEW SignalExpress LE interactive data-logging software

Specifications Summary

General	
Product Name	USB-6009
Product Family	Multifunction Data Acquisition
Form Factor	USB
Operating System/Target	Windows , Linux , Mac OS , Pocket PC
DAQ Product Family	B Series
Measurement Type	Voltage
RoHS Compliant	Yes
Analog Input	

Channels	8 , 4
Single-Ended Channels	8
Differential Channels	4
Resolution	14 bits
Sample Rate	48 kS/s
Throughput	48 kS/s
Max Voltage	10 V
Maximum Voltage Range	-10 V , 10 V
Maximum Voltage Range Accuracy	138 mV
Minimum Voltage Range	-1 V , 1 V
Minimum Voltage Range Accuracy	37.5 mV
Number of Ranges	8
Simultaneous Sampling	No
On-Board Memory	512 B
Analog Output	
Channels	2
Resolution	12 bits
Max Voltage	5 V
Maximum Voltage Range	0 V , 5 V
Maximum Voltage Range Accuracy	7 mV
Minimum Voltage Range	0 V , 5 V
Minimum Voltage Range Accuracy	7 mV
Update Rate	150 S/s

Current Drive Single	5 mA
Current Drive All	10 mA
Digital I/O	
Bidirectional Channels	12
Input-Only Channels	0
Output-Only Channels	0
Number of Channels	12 , 0 , 0
Timing	Software
Logic Levels	TTL
Input Current Flow	Sinking , Sourcing
Output Current Flow	Sinking , Sourcing
Programmable Input Filters	No
Supports Programmable Power-Up States?	No
Current Drive Single	8.5 mA
Current Drive All	102 mA
Watchdog Timer	No
Supports Handshaking I/O?	No
Supports Pattern I/O?	No
Maximum Input Range	0 V , 5 V
Maximum Output Range	0 V , 5 V
Counter/Timers	
Counters	1
Buffered Operations	No

Debouncing/Glitch Removal	No
GPS Synchronization	No
Maximum Range	0 V , 5 V
Max Source Frequency	5 MHz
Minimum Input Pulse Width	100 ns
Pulse Generation	No
Resolution	32 bits
Timebase Stability	50 ppm
Logic Levels	TTL
Physical Specifications	
Length	8.51 cm
Width	8.18 cm
Height	2.31 cm
I/O Connector	Screw terminals

Related Information

- NI USB Data Acquisition for OEM
- Download NI Data Acquisition Drivers
- NI LabVIEW SignalExpress Interactive Data-Logging Software

Anexo No. 04.- Datos técnicos del Medidor de Energía.



The 3710 ACM is an economical, panel mounted, 3-phase digital power monitoring instrument. Well established and successful, the 3710 ACM offers high accuracy, reliability and exceptional ruggedness. It is an affordable solution for power utilities and industrial or commercial power distribution systems. The 3710 ACM can be used stand alone or as one element in a large energy management network. The 3710 ACM is an economical, panel mounted, 3-phase digital power monitoring instrument. Well established and successful, the 3710 ACM offers high accuracy, reliability and exceptional ruggedness. It is an affordable solution for power utilities and industrial or commercial power distribution systems. The 3710 ACM can be used stand alone or as one element in a large energy management network.

Cost Effective

- Replaces dozens of separate meters
- Simple installation

Measurements

- True RMS voltage, current & power

Data Logging

- Waveform Capture
- Scheduled or event-driven logging
- Min/Max logging
- Sequence of events logging

Extensive I/O

- digital/counter inputs
- 3 digital relay outputs

Powerful Setpoint Control System

- Setpoint on any parameter or condition

Communications

- Supports Modbus, DNP and PLC/AB

Front Panel Display

The front panel features an easy-to-read, 20-character vacuum fluorescent display. Voltage, current and power functions can all be displayed together for the selected phase. Voltage or current readings can be displayed for all three phases concurrently.

The 3710 ACM may also be ordered with no front panel display for use as a digital power transducer.

- Four sealed membrane switches for parameter selection and programming
- Select voltage and current readings using the PHASE key
- Common power functions are available using the FUNCTION key
- Display the maximum and minimum values for each measured parameter using the MAX/MIN keys
- Programming and control is password protected

Extensive I/O

Use the inputs to monitor utility KYZ initiators, device cycles, running hours, etc. Outputs can be used for equipment control, alarms, etc.

Status Inputs

- Four optically isolated, digital (status) inputs can monitor status, count pulses, or any other external dry contact

Relays

- 3 on-board relays controlled automatically by the internal setpoints or manually via a communications port
- Programmable for kWh, kVARh or kVAh output pulsing
- Form C mechanical relays rated at 10 A (AC or DC); or single-pole, single-throw solid state relays rated at 1 A (AC only)

Auxiliary Output

- Auxiliary analog current output provides 0-20mA or 4-20 mA proportional to any measured parameter

Control

The 3710 ACM setpoint system provides intelligent logging and control functions.

Programmable Setpoint Control

Setpoints are defined by independent high and low trigger limits (for operate/release hysteresis), and time delays on both operate/ release for the resulting function. Multiple setpoints can be channelled to a single relay ("OR" function) for multi-level setpoint protection functions. All setpoint activity is recorded automatically in the on-aboard Event Log.

- 17 setpoints, one second (typ.) response time
- Any setpoint condition can be set to control relays

Metering

The 3710 ACM provides high accuracy true RMS measurements of voltage, current, power and energy readings, as well as minima, maxima, and status parameters. All parameters are quickly accessible via the front panel display or through the communications port. Voltage, current, power and energy readings are sensitive to beyond the 50th harmonic. Four-quadrant readings measure bidirectional (import/ export) energy flow, useful in any cogeneration application.

Instantaneous

Voltage (l-l/l-n), per phase & average
Current, per phase & average
Neutral Current
Real, Reactive & Apparent Power, total (per phase available via communications)
Power Factor, total
Frequency
Auxiliary Voltage
Phase Reversal

Energy

Real & reactive, imported, exported, total and net kWh & kVARh. Apparent energy, total kVAh.

Demand

Sliding Window Demand calculated for average current and total real power, or for total apparent power and total real power.

Minimums and Maximums

Recorded for all base measurements & Sliding Window Demand values.

Logging & Recording

The 3710 ACM provides three types of onboard data logging: events, min/max levels, and snapshot readings are all automatically time-stamped and recorded in non-volatile memory. There is also a waveform capture feature. All logging functions are continuous
and concurrent.

Using Power Measurement.s software you can display all logged data. The software will automatically archive to disk all logged data retrieved from each device. The data can be converted to file formats compatible with other software. Min/max values can also be viewed via the front panel.

Historical Logging

Produce daily/weekly/monthly load profile graphs for important readings.

- Log up to 12 channels of time-stamped data: V avg, I avg, kW total, kVAR total, kW total Demand, I avg Demand, PF, Vaux, Frequency, kWh import, kWh export, and kVARh total

- Trigger at specified time intervals, 1 second to 400 days for preset & programmable logs

Minimum/Maximum Logging

Records extreme values for system operations analysis, troubleshooting and problem tracking.

- Records extreme values for all measured parameters
- Minima/maxima for each parameter are logged independently with a date and time stamp @ 1 second resolution

Event Logging & Alarming

Records all setpoint/alarm conditions, relay operations, setup changes, and selfdiagnostic events.

- The 3710 ACM stores up to 50 date & time stamped records
- Time stamp resolution to 1 second
- Sequence-of-event recording

Communications

The 3710 ACM can be integrated within energy monitoring networks and supports a variety of protocols. Links between remote sites can use RS-485 or modems with telephone lines (dedicated or dial-up), fiber optic and/or radio links.

Optional Communications Port

- Single optically isolated, transient protected port
- Data rates up to 19,200 bps.
- RS-232 or RS-485
- PML, A-B DF1, Modicon Modbus RTU or Alarm Dialer protocols

The Alarm Dialer (AD) communication protocol enables the 3710 ACM to automatically contact a master display station on the occurrence of an alarm condition.

Input & Output Ratings

Voltage Inputs

- Basic: 120 line-to-neutral / 208 line-to-line nominal full scale input
- 277 Option: 277 VAC nominal full scale input
- 347 Option: 347 VAC nominal full scale input
- All options: Overload withstand: 1500 VAC continuous, 2500 VAC for 1 second. Input impedance for all options: 2 MW

Current Inputs

- Basic: 5.0 Amps AC nominal full scale input
- 1AMP Option: 1.0 Amp AC nominal full scale
- All options: Overload withstand 15 Amps continuous, 300 Amps for 1 second. Input impedance: 0.002W
- Burden: 0.05 VA Aux. Voltage Input
- VAC/VDC nominal full scale input (1.25 VAC /VDC max.) Overload withstand: 120 VAC/ VDC continuous, 1000 VAC/VDC for 1 second.
- Input impedance: 10 kW

Aux. Current Output

- 0 to 20 mA into max. 250W load. Accuracy: 2%

Control Relays

- Basic: Form C dry contact electromechanical relays, max. 277 VAC or 30 VDC @ 10 Amp resistive
- SSR Option: SPST solid state relays, 24 to 280 VAC @ 1 Amp AC resistive (AC operation only)

Status Inputs

- Basic: external-excited, S1, S2, S3, S4 - >20 VAC/VDC = active, <6 VAC/VDC = inactive
- Input impedance: 49.2 kW Overload withstand: 1500 V continuous, 2500 V for 1 sec.
- SES Option: self-excited +30 VDC differentialSCOM output to S1, S2, S3, or S4 input
- All Options: Minimum Pulse Width: 40 msec.

Power Supply

- Basic: 85 to 132 VAC / 47 to 440 Hz or 110 to 170 VDC @ 0.2 Amps

- P24/48 Option: 20 to 60 VDC @ 10W
- P240 Option: 85 to 264 VAC / 47 to 440 Hz or 110 to 340 VDC / 0.2 A

Environmental Conditions

Operating Temp: 0oC to 50oC (32oF to 122oF) ambient air
(XTEMP Option): -20oC to +70oC (-4oF to +158oF)
Storage Temp: -30oC to +70oC (-22oF to +158oF)
Humidity: 5 to 95 %, non-condensing

TABLA DE REGISTROS

REGISTRO	TIPO	DIRECCION	UNIDAD
40002	RW	Year year	1900
40003	RW	Month	(1-12)
40004	RW	Day	(1-31)
40005	RW	Hour	(0-23)
40006	RW	Minute	(0-59)
40007	RW	Second	(0-59)
40008	RW	UNIX	Time seconds
40011	RO	Van	V rms
40012	RO	Vbn	V rms
40013	RO	Vcn	V rms
40014	RO	Vln average	V rms
40015	RO	Vab	V rms
40016	RO	Vbc	V rms
40017	RO	Vca	V rms
40018	RO	Vll average	V rms
40020	RO	Vaux	V rms
40021	RO	Ia	A rms
40022	RO	Ib	A rms
40023	RO	Ic	A rms
40024	RO	I average	A rms
40026	RO	Neutral current (I4)	A rms
40028	RO	Voltage imbalance	%
40029	RO	Current imbalance	%
40031	RO	kW Phase A	kW rms
40032	RO	kW Phase B	kW rms
40033	RO	kW Phase C	kW rms
40034	RO	kW Total	kW rms
40035	RO	kVAR Phase A	kVAR rms

40036	RO	kVAR Phase B	kVAR rms
40037	RO	kVAR Phase C	kVAR rms
40038	RO	kVAR Total	kVAR rms
40039	RO	Power Factor Phase A	%
40040	RO	Power Factor Phase B	%
40041	RO	Power Factor Phase C	%
40042	RO	Power Factor Total	%
40043	RO	kVA Phase A	kVA
40044	RO	kVA Phase B	kVA
40045	RO	kVA Phase C	kVA
40046	RO	kVA Total	kVA
40048	RO	Frequency on Va	0.01 Hz
40049	RO	Phase Reversal Logical	
40050	RO	Real time polarity Bit mapped	
40051	RO	kWh Import kWh	
40052	RO	M/GWh Import	M/GWh
40053	RO	kWh Export	kWh
40054	RO	M/GWh Export	M/GWh
40055	RO	kWh Total	kWh
40056	RO	M/GWh Total	M/GWh
40057	RO	kWh Net	kWh
40058	RO	M/GWh Net	M/GWh
40061	RO	kVARh Import	kVARh
40062	RO	M/GVARh Import	M/GVARh
40063	RO	kVARh Export	kVARh
40064	RO	M/GVARh Export	M/GVARh
40065	RO	kVARh Total	kVARh
40066	RO	M/GVARh Total	M/GVARh
40067	RO	kVARh Net	kVARh
40068	RO	M/GVARh Net	M/GVARh
40071	RO	kVAh Import	kVAh
40072	RO	M/GVAh Import	M/GVAh
40073	RO	kVAh Export	kVAh
40074	RO	M/GVAh Export	M/GVAh
40075	RO	kVAh Total	kVAh
40076	RO	M/GVAh Total	M/GVAh
40077	RO	kVAh Net	kVAh
40078	RO	M/GVAh Net	M/GVAh

Worldwide Headquarters
Power Measurement Ltd.2195 Keating Cross Road,
Saanichton, British Columbia, Canada V8M 2A5
Tel: 1-250-652-7100 Fax: 1-250-652-0411
Web: www.pml.com Email: sales@pml.com

Anexo No. 05.- Datos técnicos del Convertidor de Protocolo.

Model 485SD9TB

Port-Powered RS-485 Converter

The 485SD9TB is a port-powered two-channel RS-232 to RS-485 converter. It converts the TD and RD RS-232 lines to balanced half-duplex RS-485 signals. The unit is powered from the RS-232 data and handshake lines whether the lines are high or low. An external power supply can be connected to two terminals on the RS-485 connector if no handshake lines are available. The 485SD9TB has a DB-9 female connector on the RS-232 side and a terminal block connector on the RS-485 side.

RS-232 Side:
Connector: DB-9 Female.
Signals: Passes through pins 3 (TD) and 2 (RD).
Pins 7 (RTS) and 8 (CTS) are tied together.
Pins 4 (DTR), 6 (DSR), and 1 (CD) are tied together.

RS-485 Side:
Connector: Terminal Block
Signals: Half-duplex two-wire operation only.
Automatic control circuit enables driver only when transmitting.
Receiver is disabled when transmitting to prevent echo back to RS-232 device.
Can transmit up to 4000 feet at 115.2k baud.

Power Requirements
No external power required if two RS-232 output handshake lines are available.
External 12VDC can be applied to pins on the RS-485 side between terminals +12VDC and GND if handshake lines are not available.

35mA current draw maximum under normal operation when externally powered.

NOTE: When using an external supply, the supply should be connected only to specifically labeled power inputs (power jack, terminal block, etc.). Connecting an external power supply to the handshake lines may damage the unit. Contact technical support for more information on connecting an external power supply to the handshake lines.

Dimensions: 3.50 x 1.34 x .67 in (8.9 x 3.4 x 1.7 cm)

Although the 485SD9TB uses handshake lines to power the converter, no handshaking is required to control the RS- 485 driver. The RS-485 driver is automatically enabled during each spacing state on the RS-232 side. During the

marking or idle state, the RS-485 driver is disabled and the data lines are held in the marking state by the 4.7K ohm pull-up and pull-down resistors. The value of these resistors may need to be changed to a different value when termination is used in order to maintain the proper DC bias during the idle state. See B&B Electronics' RS-422/RS-485

Application Note for more information on termination and DC biasing of an RS-485 network. The 485SD9TB has an internal connection to prevent data transmitted from the RS-232 port from being echoed back to the RS-232 port. The 485SD9TB is used as a two wire (half duplex) RS-485 converter.



DECLARATION OF CONFORMITY

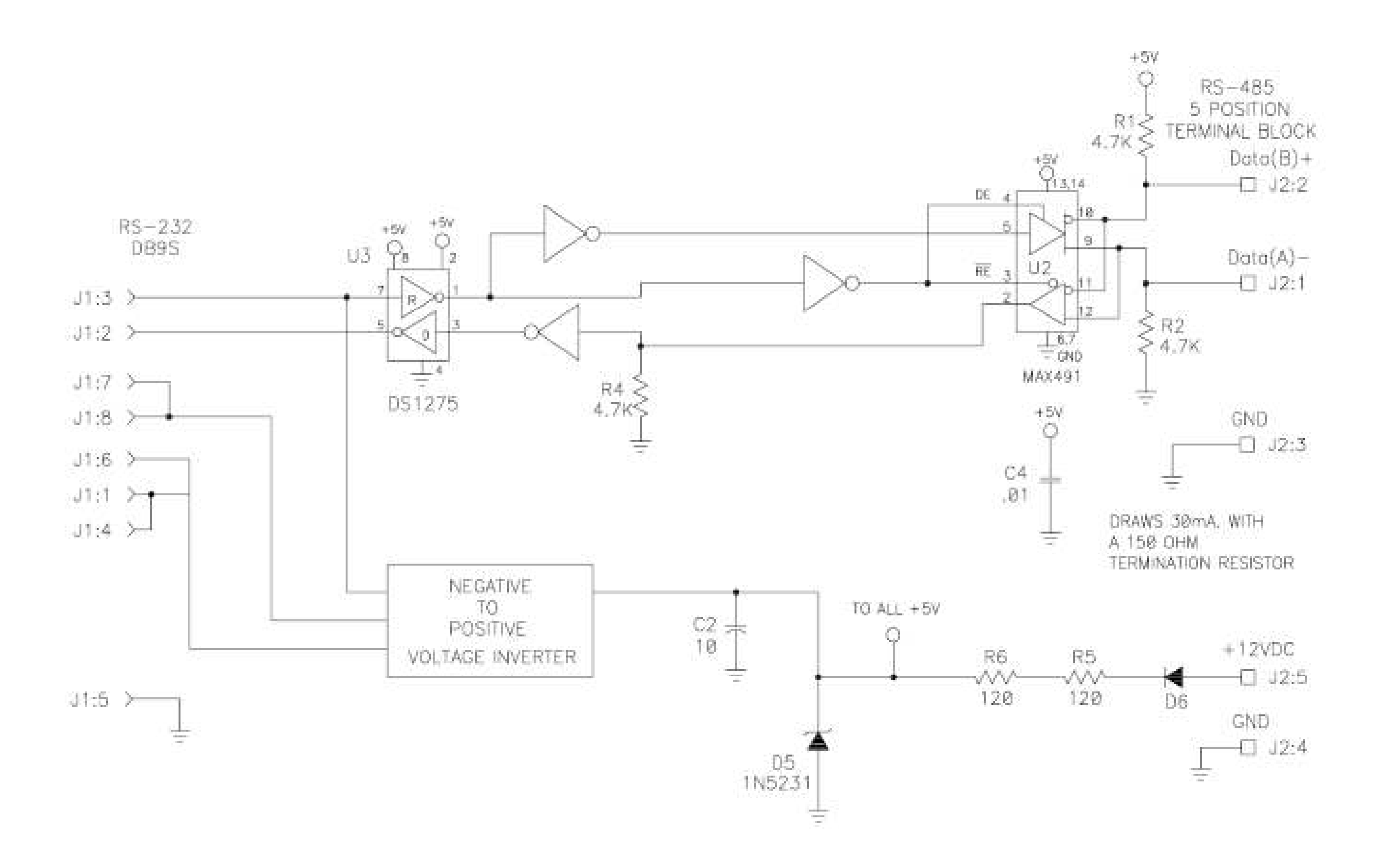
Manufacturer's Name:	B&B Electronics Manufacturing Company
Manufacturer's Address:	P.O. Box 1040 707 Dayton Road Ottawa, IL 61350 USA
Model Number:	485SD9TB
Description:	Port Powered RS-485 Converter
Type:	Light industrial ITE equipment
Application of Council Directive:	89/336/EEC
Standards:	EN 55022 EN 61000-6-1 EN 61000 (-4-2, -4-3, -4-4, -4-5, -4-6, -4-8, -4-11)

William H. Franklin III, Director of Engineering

International Headquarters:

707 Dayton Road P.O. Box 1040 Ottawa, IL 61350 USA
815-433-5100 Fax 433-5104 *www.bb-elec.com orders@bb-elec.com* *support@bb-elec.com*

Westlink Commercial Park Oranmore Co. Galway Ireland
+353 91 792444 Fax +353 91 792445 *www.bb-europe.com orders@bb-elec.com* *support@bb-europe.com*


RS-232
DB9S
J1:3
J1:2
J1:7
J1:8
J1:6
J1:1
J1:4
J1:5
U3
+5V
DS1275
R4
4.7K
NEGATIVE
TO
POSITIVE
VOLTAGE INVERTER
C2
10
D5
1N5231
TO ALL +5V
R6
120
R5
120
D6
+12VDC
J2:5
GND
J2:4
DE
RE
U2
MAX491
GND
C4
.01
R1
4.7K
R2
4.7K
RS-485
5 POSITION
TERMINAL BLOCK
Data(B)+
J2:2
Data(A)-
J2:1
GND
J2:3
DRAWS 30mA, WITH
A 150 OHM
TERMINATION RESISTOR

Anexo No. 06.- LABORATORIOS.

Laboratorio No. 01.- Identificación de Sistemas por el Método No Pàrametrico.

Laboratorio No. 02.- Identificación de Sistemas por el Método Paramétrico.

Laboratorio No. 03.- Diseño de Control para la Planta Identificada.

Laboratorio No. 04.- Programación del Control Adaptativo de Ganancia Programada.

Laboratorio No. 01.- Identificación de Sistemas por el Método No Pàrametrico.

Objetivo	Capturar datos para efectuar la Identificación de un Sistema, mediante el Método No Paramétrico.
Tareas	• Arrancar la planta en lazo abierto y llevarla cerca, de la frecuencia de operación deseada. • Habilitar el control para llevar a la planta al punto de operación deseado. • Aplicar ruido blanco al sistema e iniciar la captura de datos. • Interpretar los gráficos obtenidos en la Identificación No Paramétrica.
Herramientas	Pantallas de Labview 8.6 desarrolladas para control en lazo abierto e Identificación de Sistemas, por el Método No Paramétrico.
Seguridad	Se recomienda extremar las precauciones de seguridad, a partir de este punto, se podrán en movimiento partes mecánicas que podrían causar lesiones serias ó la muerte.

DESARROLLO

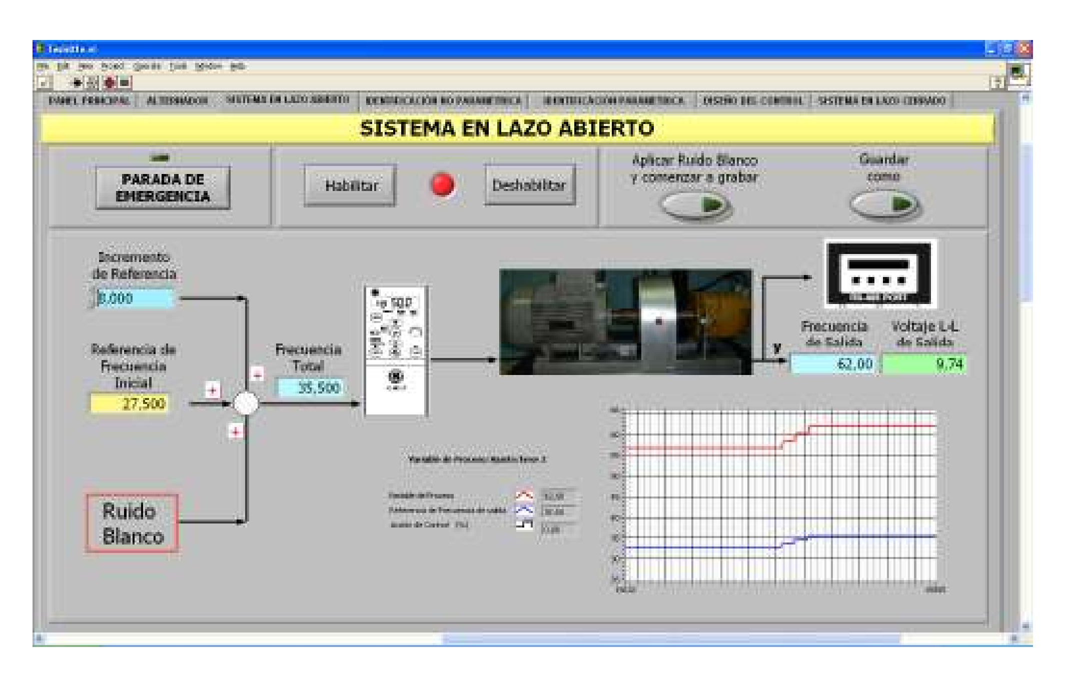
1. Energizar la Planta con una fuente de energía trifásica, 230 voltios, 60 Hz, y cerrar los disyuntores de protección principal que están dentro del tablero de control.



2. Poner el variador de frecuencia en automático, a partir de este punto el equipo puede ser arrancado desde el computador sin previo aviso, por lo que se recomienda tener las precauciones del caso.



3. Arrancar desde el computador el archivo Tesis01 que ha sido desarrollado para el control de la Planta, con el software Labview 8.6.



4. Seleccionar la pestaña PANEL PRINCIPAL y pulsar "RUN"



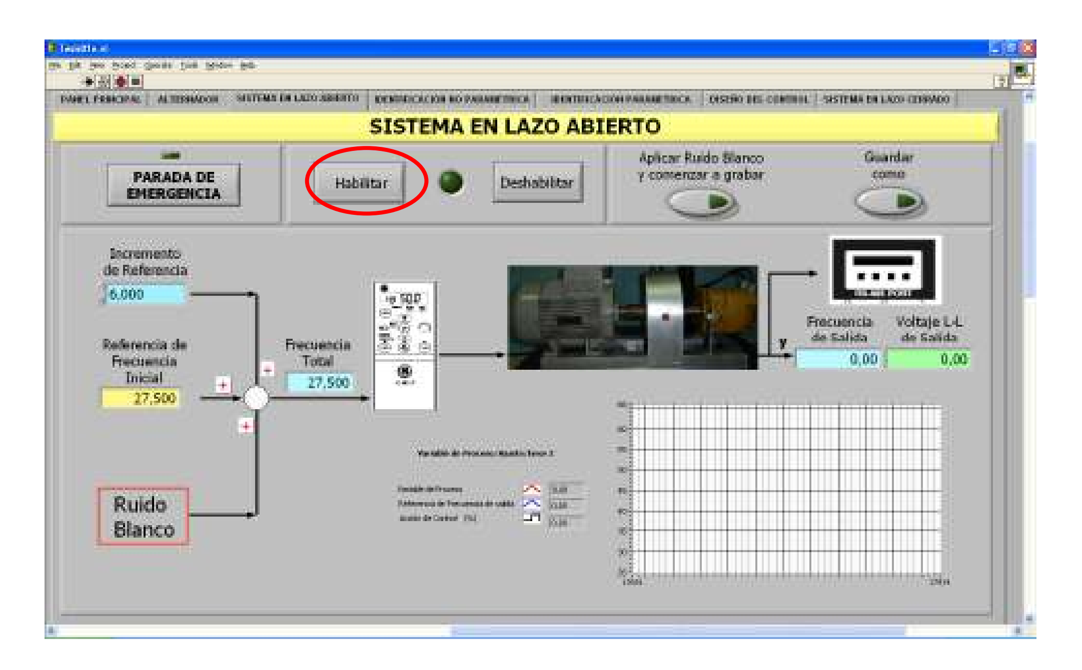
5. Arrancar la planta accionando el Interruptor de ARRANQUE REMOTO. Desde esta pantalla se monitorearán varios parámetros del variador de frecuencia.



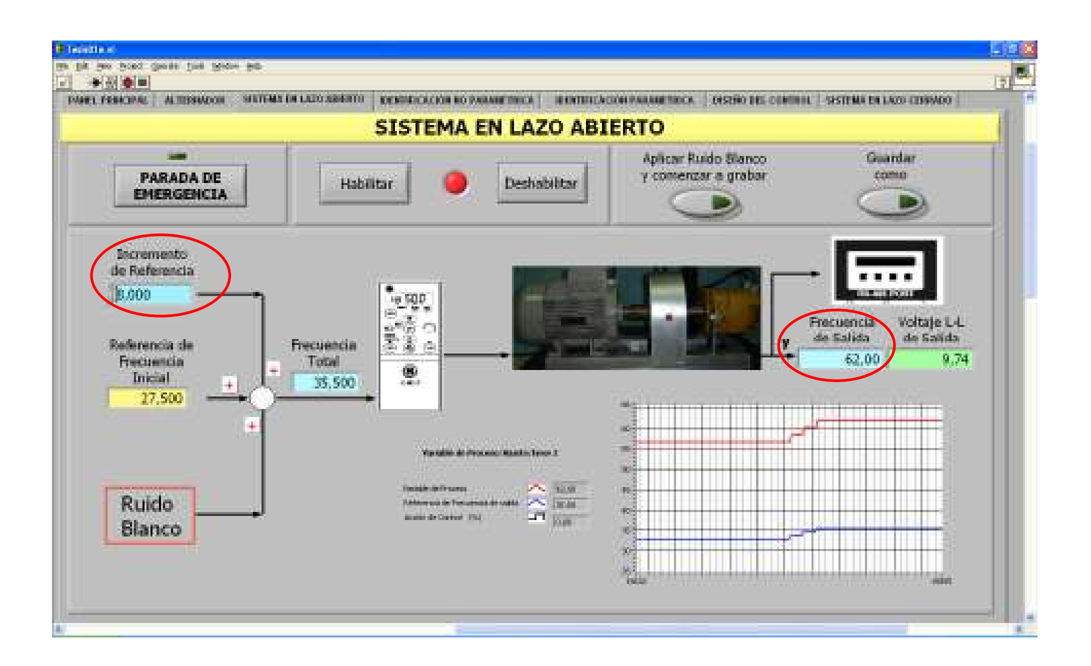
6. Al seleccionar la pestaña ALTERNADOR, se puede monitorear los parámetros del generador.



7. Seleccionar la pestaña SISTEMA EN LAZO ABIERTO, para activar esta pantalla pulsar el botón Habilitar.



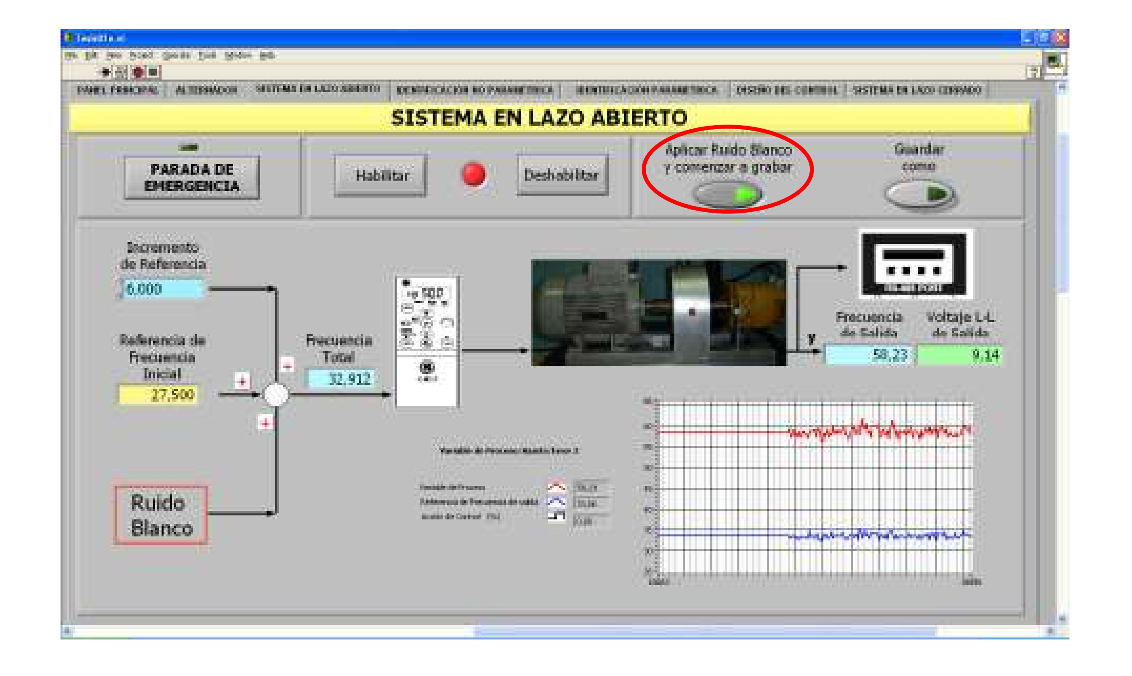
8. Incrementar la referencia hasta obtener la frecuencia de salida deseada de la Planta.



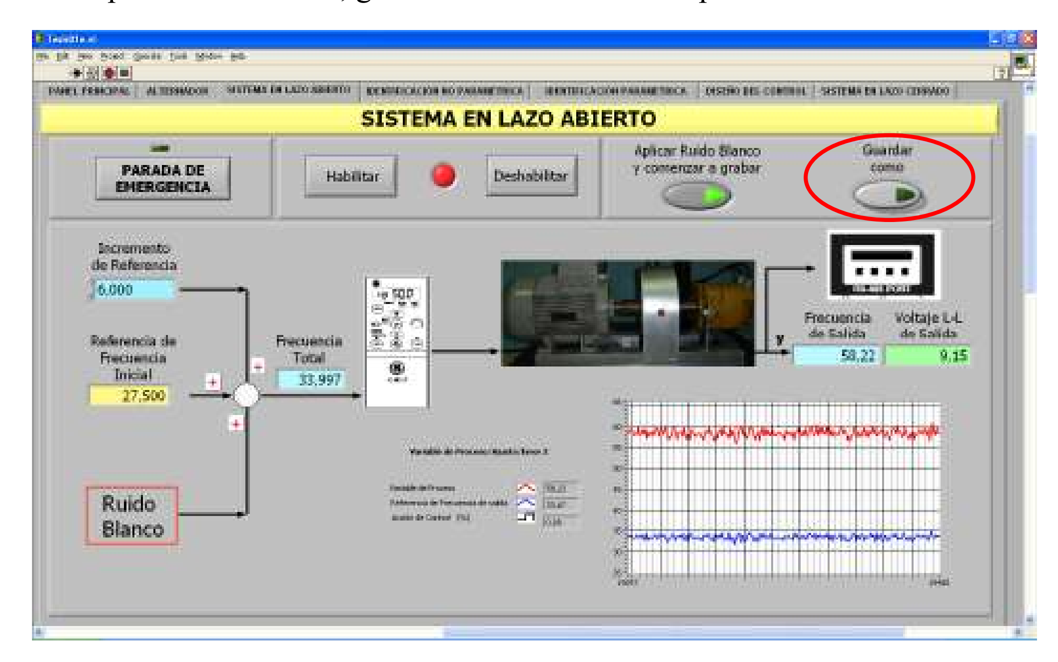
Recuerde los puntos de interés para este sistema, están ubicados a 50, 52, 54, 56, 58 y 60 Hz. Finalmente solo se seleccionarán 6 Funciones de Transferencia, que representaran el rango de frecuencia de interés, que se requiere controlar en este sistema.

Al efectuar la Identificación en un punto, por ejemplo 56 Hz y puesto que el sistema será excitado para generar variaciones de +- 1 Hz, la Función de Transferencia que se obtendrá, servirá para representar la dinámica del sistema dentro del rango 56Hz +- 1Hz.

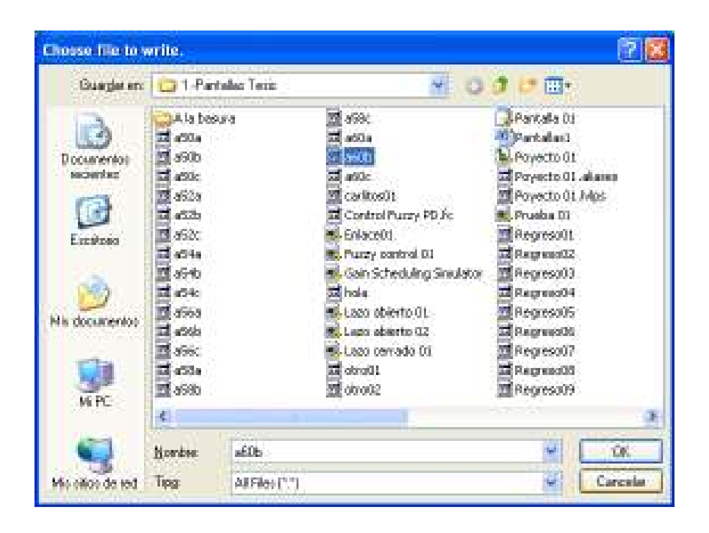
9. En este momento se ha fijado como punto de operación de la Planta 60 Hz, si se desea otro punto de operación variar la referencia. A partir de este punto podemos iniciar el proceso de excitación de la entrada con ruido blanco al mismo tiempo, se comenzará a guardar datos para la Identificación.



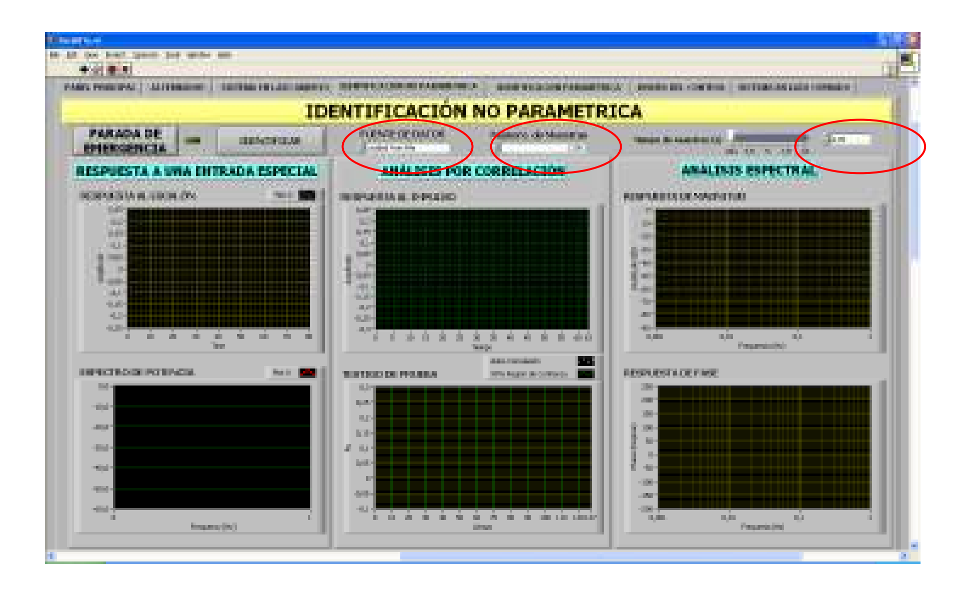
10. Después de 2 minutos, guardar los datos tomados para la Identificación.



11. Aparecerá la siguiente pantalla, donde se debe asignar un nombre y guardar los datos registrados.

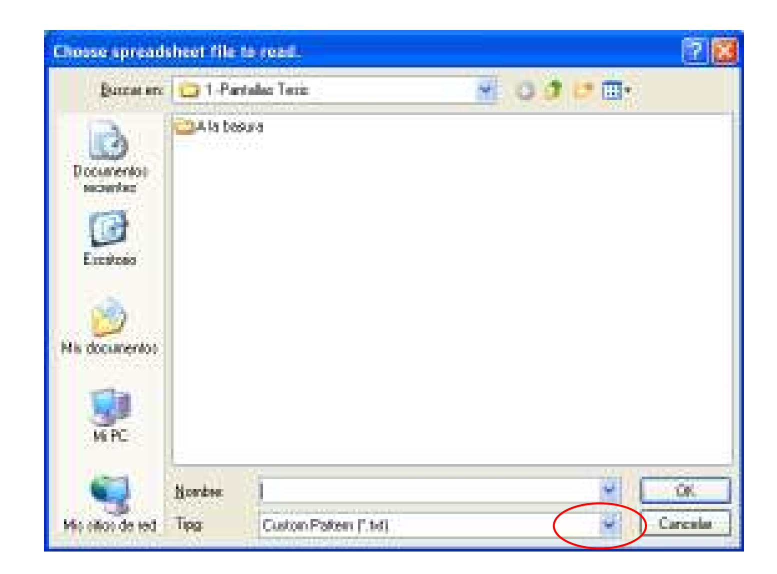


12. La Planta puede ser parada, ya que no se requiere por ahora que esté operando. El siguiente paso es seleccionar la pestaña de la Identificación No Paramétrica.

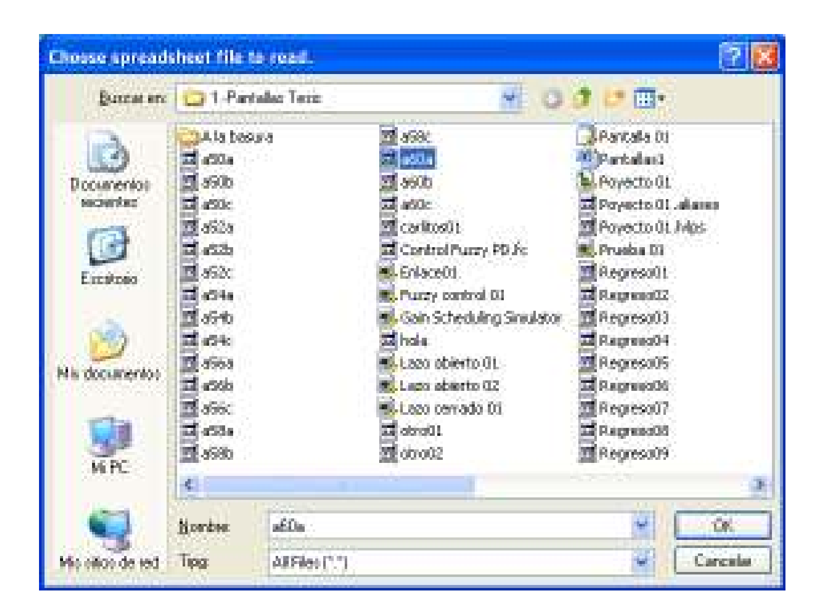


Debemos seleccionar en la Fuente de datos “Load from file”, además se debe indicar el número de muestras estimadas, considerando que el programa removió la media y las tendencias de las muestras. También debe tenerse en consideración que el tiempo de muestreo es de 60 milisegundos.

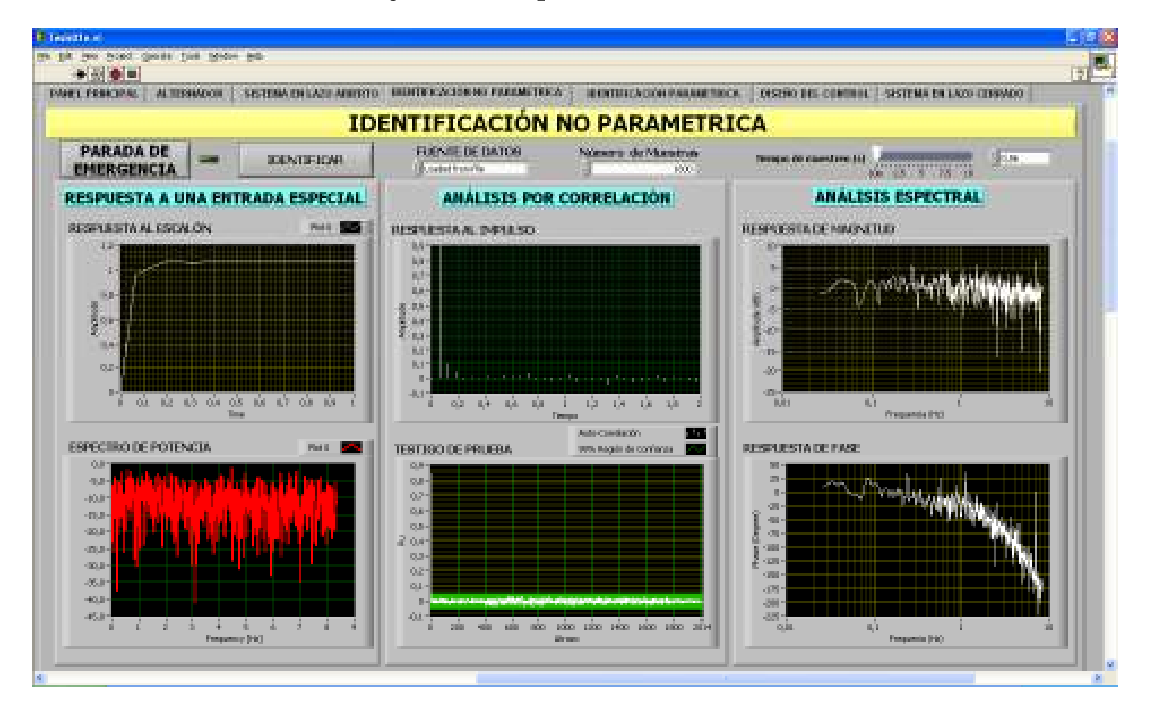
13. Una vez ajustados estos parámetros, pulsar el botón Identificar, la siguiente ventana aparecerá, seleccionar el tipo de archivo por “All Files(*,*)”



14. Aparecerá la siguiente pantalla, con todos los archivos con los datos grabados, para este ejemplo se tomarán, los datos a 60 Hz y se pulsara OK.



15. Se obtendrán las siguientes respuestas del Sistema.



En base a los gráficos obtenidos indicar:

PARA LA RESPUESTA A UNA ENTRADA ESPECIAL

a. ¿Cuál es el orden del modelo, que representaría este sistema ante la entrada tipo escalón ?.

____
____
____

b. El sistema es:

Subamortiguado ______
Criticamente amortiguado ______
Sobreamortiguado ______

c. ¿Cuál es la ganancia en estado estacionario?.

____
____
____

d. ¿En qué tiempo aproximadamente el sistema alcanza el valor nominal?.

____
____
____

e. ¿Qué nos indica el espectro de potencia de la señal de entrada?.

____
____
____

ANALISIS DE CORRELACION

f. ¿Cuál es el comportamiento del sistema ante la señal impulso aplicada?.

____
____
____

g. ¿Hay algún retardo de tiempo?.

____
____
____

h. Con el nivel de autocorrelación que se obtuvo es suficiente, para capturar la dinámica del sistema?.

____
____
____

ANALISIS ESPECTRAL

i. En base al gráfico de magnitud y fase de este sistema, calcule el margen de ganancia y margen de fase.

____
____
____
____
____
____

j. Según la respuesta de fase ¿Cuál es el mínimo número de polos y ceros, que representa este sistema?.

____
____
____

16. Proceda a anotar las conclusiones y recomendaciones:

____
____
____
____
____
____
____
____
____
____
____
____
____
____
____
____
____
____

En base a las conclusiones que ha obtenido, efectuar la Identificación Paramétrica y obtener la ecuación que mejor representa este sistema.

Laboratorio No. 02.- Identificación de Sistemas por el Método Paramétrico.

Objetivo

Efectuar la Identificación de un Sistema, mediante el Método Paramétrico, usando los modelos ARX, ARMAX, Output Error. Box Jenkins ó General Lineal.

Tareas

- Efectuar la Identificación de la Planta usando los diversos modelos, variando el número de polos y ceros de los polinomios característicos, tomando como base la información obtenida en la Identificación No Paramétrica.
- Analizar la Autocorrelación, Correlación Cruzada y el Error obtenido con las diversas Identificaciones.
- Escoger la función de transferencia que mejor represente el sistema.

Herramientas

Pantallas de Labview 8.6 desarrolladas para la Identificación Paramétrica.

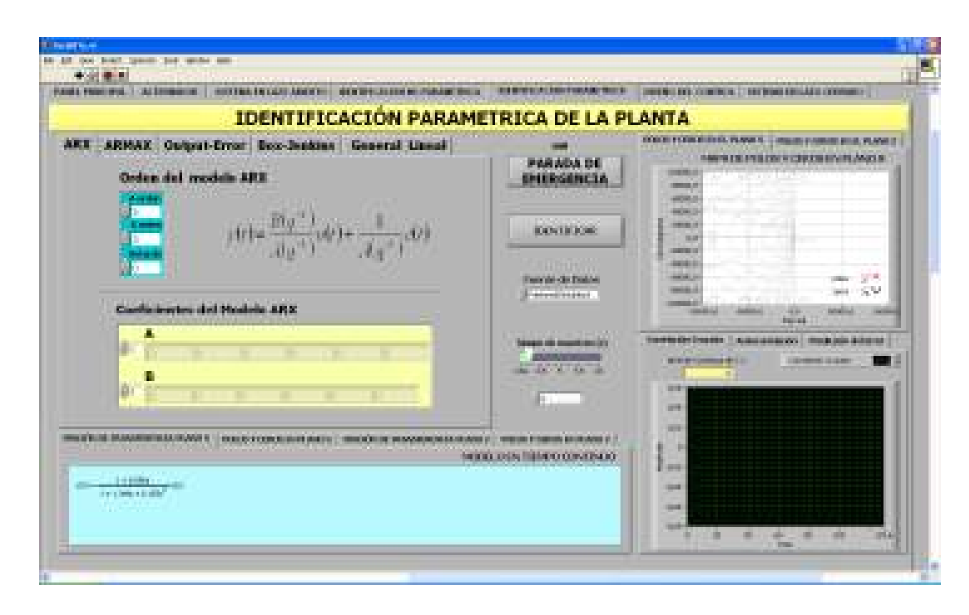
Literatura

Departamento de Automática y Computación. ISPJAE.

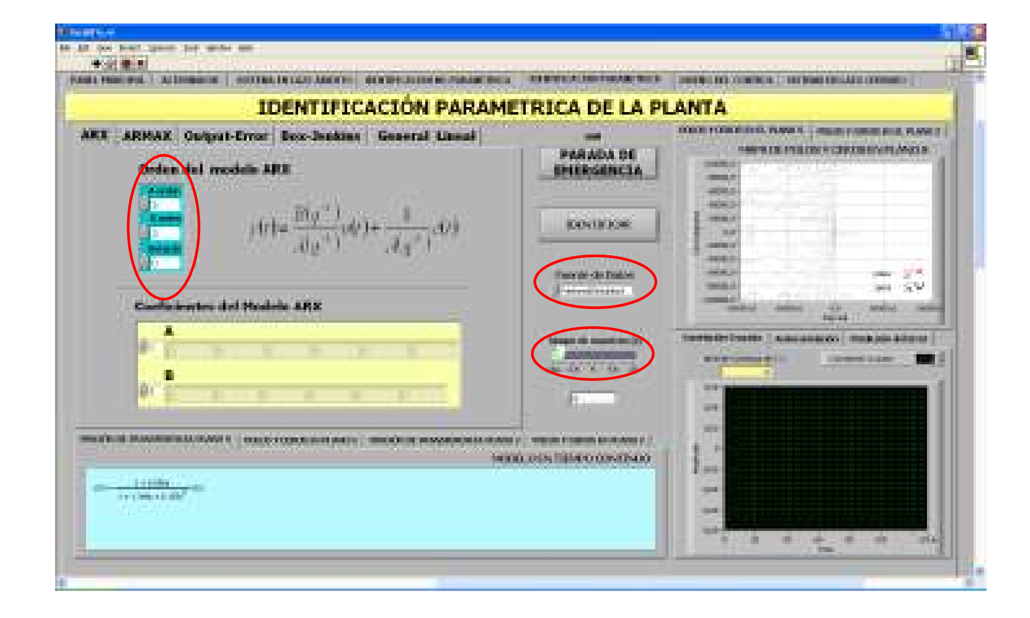
Identificación de Sistemas por Msc. Aristides Reyes Bacardí.

DESARROLLO

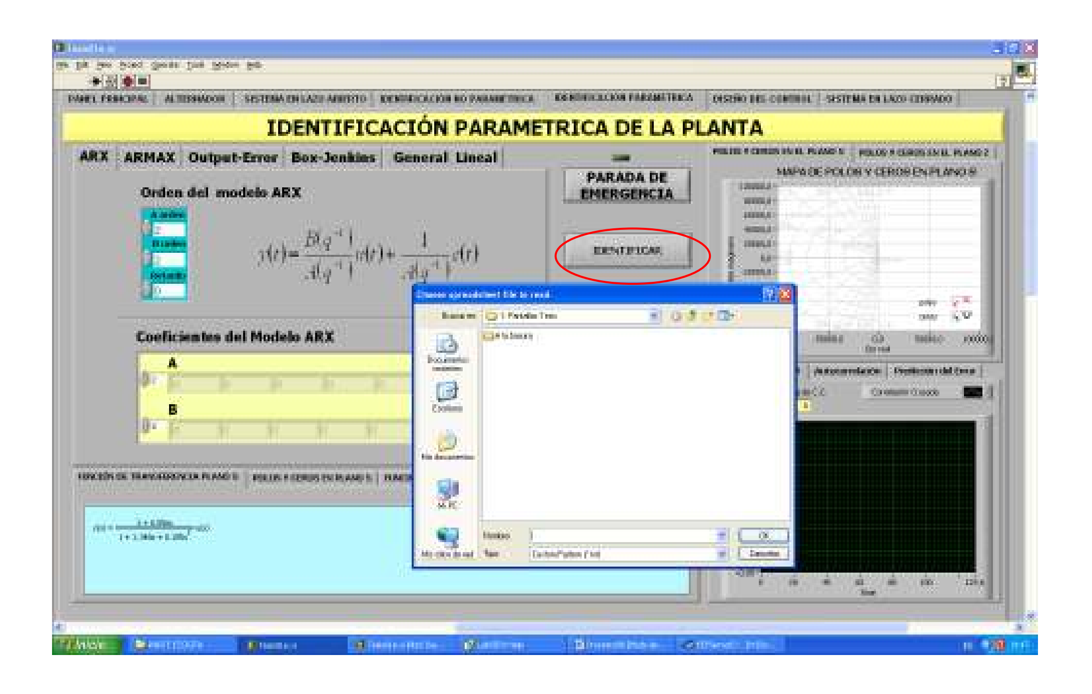
1.- Seleccionar la pestaña IDENTIFICACION PARAMETRICA.



2.- Seleccionar un modelo, con el número de polos y ceros, que se estimaron en la Identificación No Paramétrica, ajustar el tiempo de muestreo a 60 milisegundos y seleccionar como fuente de datos “Load From File”.



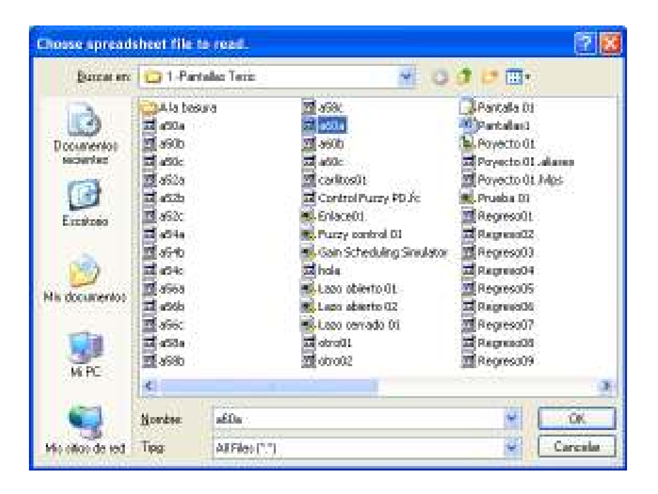
3.- Pulsar el botón Identificar, con lo que aparecerá la siguiente pantalla.



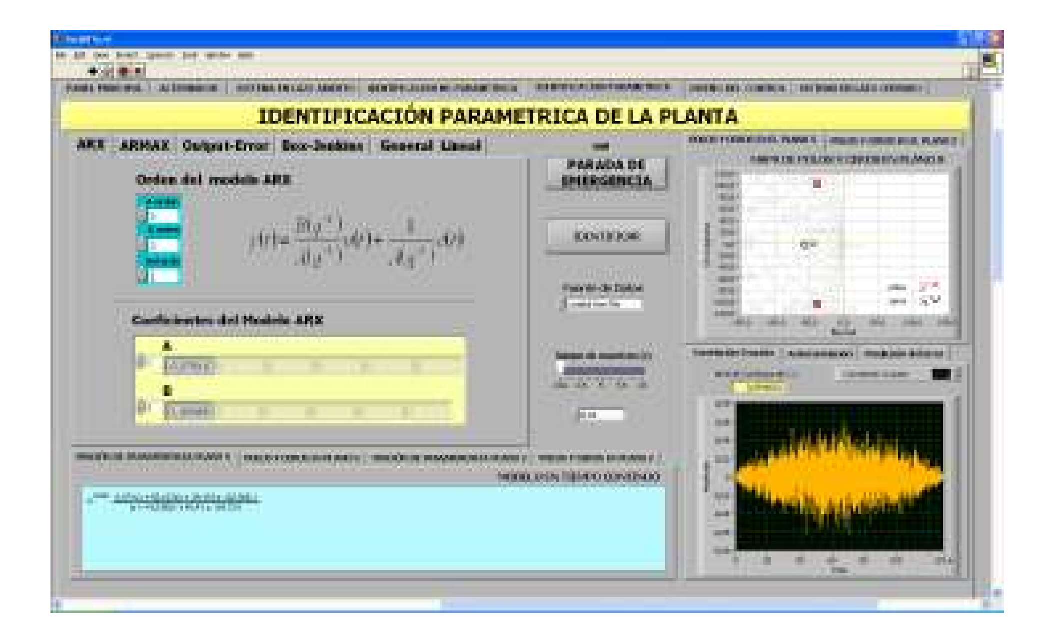
4.- Pulsar el botón Identificar, con lo que aparecerá la siguiente pantalla. Seleccionar "All Files(*.*)".



5.- En la siguiente ventana seleccionar, el archivo donde guardo los datos de la Identificación, para el punto de operación requerido.



6.- Copiar la Función de Transferencia en la Tabla 4, también debe copiarse, el valor de la Autocorrelación, la Correlación cruzada y el error. Dentro de la columna de observaciones, anotar si la función obtenida, representa la dinámica del sistema y si es posible disminuir el número de polos y ceros.



7.- Repetir el proceso desde el punto 3 al 6, con los diversos modelos que están en este Identificador, y llenar la Tabla 4.

TABLA No. 4

No.	Archivo	Modelo	Función	Correlación Cruzada	Auto Correlación	Error	Observación

Use la siguiente convención.

ARX 221 equivalente a decir Modelo ARX con 2 polos, 2 ceros y un retardo de tiempo

BJ 321 equivalente a decir Modelo Box Jenskins con 3 polos, 2 ceros y un retardo de tiempo

8.- Una vez que tenga llena la tabla, seleccione la función de transferencia que mejor representa la dinámica del sistema, para el punto de operación seleccionado. Si se desea obtener la función de transferencia para otros puntos de operación, se debe repetir el proceso.

9.- Anote las funciones de Transferencia obtenidas para los diversos puntos de operación.

Para 50 Hz. G1(s)= ________________________________

Para 52 Hz. G2(s)= ________________________________

Para 54 Hz. G3(s)= ________________________________

Para 56 Hz. G4(s)= ________________________________

Para 58 Hz. G5(s)= ________________________________

Para 60 Hz. G6(s)= ________________________________

10.- Proceda a anotar las conclusiones y recomendaciones:

____

____

____

Laboratorio No. 03.- Diseño de Control para la Planta Identificada.

Objetivo

Sintonizar varios controladores PID, que permitan efectuar el Control apropiado de la Planta, para los diversos puntos de operación.

Tareas

- Efectuar la sintonización de la Planta de acuerdo al punto de operación asignado.
- Ajustar los límites de sobredisparo porcentual y tiempo de asentamiento deseado para este sistema.

Herramientas

Pantallas de Labview 8.6 desarrolladas para el Diseño de Control de la Planta.

Literatura

Ingeniería de Control Moderna

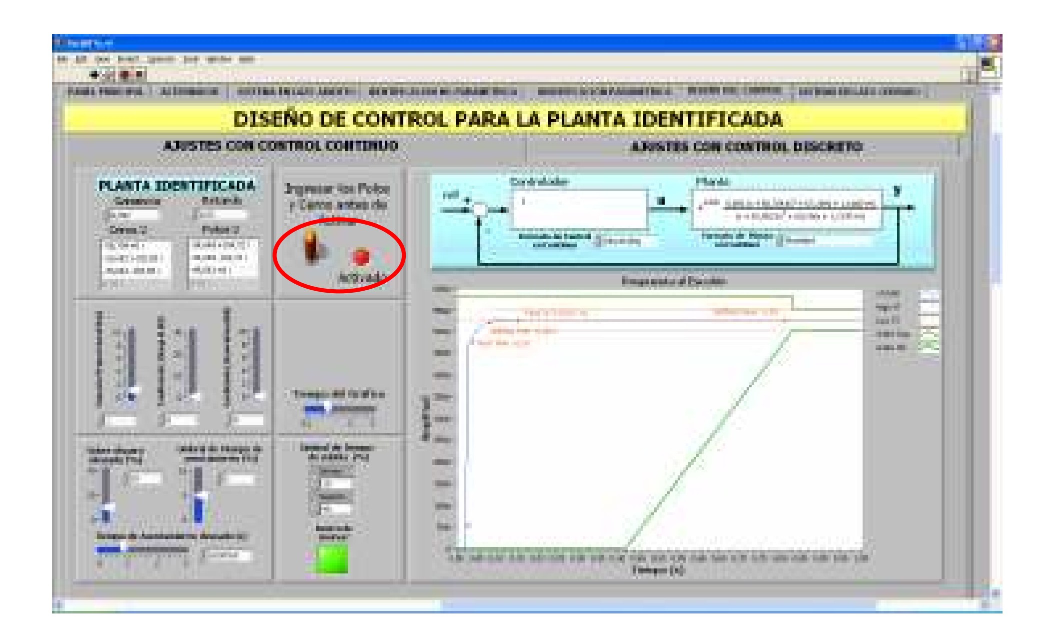
Por: Katsuhiko Ogata.

DESARROLLO

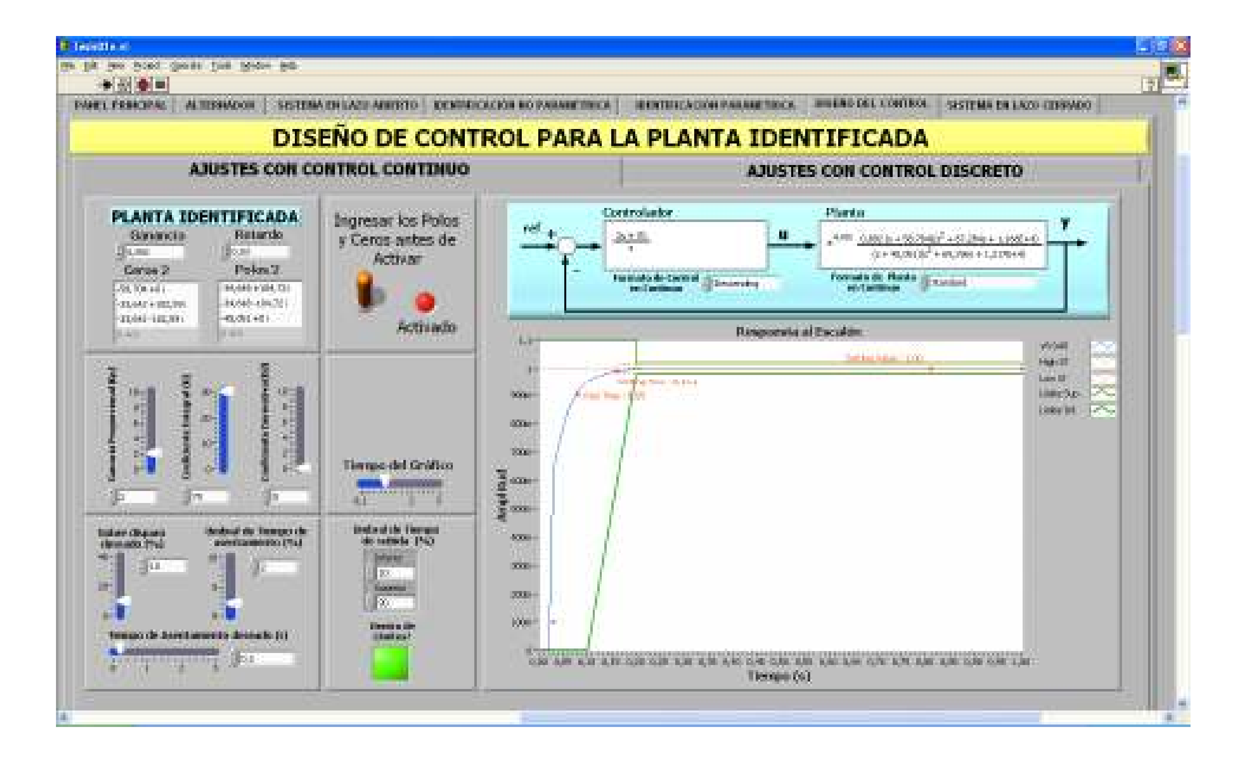
1.- Seleccionar la pestaña DISEÑO DE CONTROL.



2.- Ingresar los polos, ceros, ganancia y retardo, obtenidos en la Identificación Paramétrica, una vez efectuado esto activar el interruptor, con lo que se inician los correspondientes ajustes.



3.- Como se puede apreciar, se deben ajustar los valores de Kp, Ki y Kd para que el sistema, se comporte de tal manera que quede dentro de los parámetros seleccionados de sobredisparo porcentual y tiempo de asentamiento deseado.



Copie los valores de las ganancias obtenidas para este punto de operación escogido.

Frecuencia de Operación: Hz = _________.

Ganancia proporcional: Kp = _________.

Ganancia Integral: Ki = _________.

Ganancia Derivativa: Kd = _________.

4.- Repetir el proceso desde el punto 1 al 3, con las diversas Funciones de Transferencia que se obtuvieron con la Identificación Paramétrica y llene la Tabla No.5.

Tabla No. 5

No.	Frecuencia	Kp.	Ki.	Kd.	Observaciones
1					
2					
3					
4					
5					

5.- Proceda a anotar las conclusiones y recomendaciones:

Laboratorio No. 04.- Programación del Control Adaptativo de Ganancia Programada.

Objetivo

Efectuar la programación del Control Adaptativo de Ganancia Programada, para efectuar el control de la frecuencia de salida del sistema, ante variaciones en la referencia.

Cerrar el lazo de control y verificar que la Planta, está trabajando apropiadamente, dentro del rango de operación establecido.

Tareas

- Llenar la tabla de ganancias programadas obtenidas en el Laboratorio No. 03,
- Calcular las constantes de tiempo Ti y Td.
- Habilitar el control en lazo cerrado y seleccionar los diversos puntos de operación para el cual el control de Ganancia programada fue creado.
- Efectuar ajustes menores para mejorar el proceso.

Herramientas

Pantallas de Labview 8.6 desarrolladas para el Sistema en Lazo Cerrado.

Seguridad

Se recomienda extremar las precauciones de seguridad, a partir de este punto, se podrán en movimiento partes mecánicas que podrían causar serias lesiones ó la muerte.

DESARROLLO

1.- Active el interruptor de arranque Remoto y Arranque la planta en lazo abierto.



2.- Seleccionar la pestaña SISTEMA EN LAZO CERRADO.



3.- Calcular las constantes de tiempo Ti y Td para los diversos puntos de operación, según las siguientes formulas:

$$Ti = (Kp \times Ts) / Ki$$

$$Td = (Kd \times Ts) / Kp$$

Considere que Ts = 0,060 segundos.

4.- Calcular y llenar la TABLA No. 6.

TABLA No. 6

No.	Frecuencia	Kp.	Ti.	Td.	Observaciones
1					
2					
3					
4					
5					

5.- Llenar la tabla de Ganancias Programadas, según los datos obtenidos en el Laboratorio No. 03.



6.- Activar el control y cerrar el lazo, pulsando el botón de habilitar.



7.- Ajustar la referencia a un valor entre 50 y 60 Hz en la ventana F.R., usted podrá apreciar como la frecuencia de salida sigue a la referencia. En forma análoga, seleccionar el comportamiento del sistema al variar dicha referencia.



8.- Oscilar la referencia usando el botón Aplicar variación, el cual aplicara un paso escalón de 1 Hz. A la referencia.



9.-El sistema seguirá la referencia y mostrara el siguiente comportamiento.



10.- Repetir el proceso desde el punto 7 hasta el punto 9, para otros puntos de referencia:

11.- Proceda a anotar las conclusiones y recomendaciones:

____

____

____

____

____

____

____

____

____

____

____

Bibliografìa

- Msc. Héctor Garcini, "**Sistemas de Control en Tiempo Contínuo**", Folleto de Maestria en Automatizacion y Control Industrial, año 2008 – 2009.

- Dr. Roger Misa Llorca, "**Sistemas Discretos**", La Habana – Cuba, Marzo 2007.

- Eduardo F. Camacho y Carlos Bordons, **CONTROL PREDICTIVO: PASADO, PRESENTE Y FUTURO,** Escuela Superior de Ingenieros. Universidad de Sevilla, Octubre 2004.

- Dagoberto Montero, David B. Barrantes y Jorge M. Quirós, **Introducción a los sistemas de control supervisor y de adquisición de datos (SCADA)** , Monogarafia de Sistema de Control, Universidad de Costa Rica, año 2004.

- National Instrument, **Labview PID Control Toolkit User Manual,** www.ni.com, Junio 2008.